

定量的超音波法による脛骨皮質骨の骨量測定の基礎的検討

野上 利香

現在、種々の非侵襲的な骨密度 (BMD) 測定法が開発され、骨粗鬆症の臨床に供されているが、定量的超音波法 (QUS) は被曝を伴わず BMD を評価できる方法として期待されている。今回、QUS のうち、皮質骨の BMD を測定できる脛骨超音波 BMD 測定装置 (Sound Scan 2000) を使用し、基礎的検討を行ったので報告する。

対象は健常者および骨粗鬆症患者265例 (女性261例と男性4例) である。脛骨の超音波伝播速度 (SOS) の測定精度は、日内変動が $CV = 0.60\%$ 、日差変動については $CV = 0.99\%$ であり、良好であった。6例 (全例右側が利き手) の SOS の左右差に関しては、左側が右側より有意の高値を示した ($p < 0.01$)。また、測定位置による SOS の変化は、5 cm 遠位部が中央部に比して $+3.6 \pm 2.4\%$ の高値、5 cm 近位部が $-1.0 \pm 2.2\%$ の低値を示し、前者が後者に比して有意に高値を示した ($p < 0.02$)。女性例の SOS の年齢分布は40歳代以降で加齢に伴い減少することが認められた。体格指標と若年女性の SOS の相関については、身長との間に軽度の相関が認められたが、体重や BMI とは相関が認められなかった。他部位の BMD 値との相関については、皮質骨が主体の橈骨 BMD ($r = 0.557$, $p < 0.001$) との相関が、腰椎 BMD ($r = 0.383$, $p < 0.01$) および大腿骨頸部 BMD ($r = 0.354$, $p < 0.05$) より良好であった。

このように、基礎的検討から QUS による頸骨皮質骨 SOS の測定は、皮質骨の BMD の評価が可能で、測定精度が良好であるが、測定側および測定位置を一定に保つことに留意して行うことが必要であるということが示された。

(平成11年9月10日受理)

Fundamental Study for Bone Mass Measurement in the Cortical Bone of the Tibia with Quantitative Ultrasound

Rika NOGAMI

Recently, various non-invasive bone mineral density (BMD) measurements have been developed, and applied to the diagnosis of osteoporosis. Quantitative ultrasound (QUS) is expected to be as a useful method evaluating BMD without radiation. In present paper, among from QUS methods, the Sound Scan 2000 of a QUS device which can measure cortical BMD in the tibia was used in a fundamental study. The subjects were total 265 (261 women and 4 men) of normal controls and osteoporotic patients. The precisions of measurements of speed of sound (SOS) in the tibia were good; 0.60% of CV for an intra-assay, and 0.99% for an inter-assay, respectively. Regarding difference in the SOS between the left and right sides of six subjects whom were all right

-handed, SOS values in the left side showed significantly higher than those in the right side ($p < 0.01$). As to change in the SOS values in different positions of measurement, the SOS was higher by $3.5 \pm 0.8\%$ in the 5 cm-distal site, and lower by $1.0 \pm 2.2\%$ in the 5 cm-proximal site, compared with mid-portion of the tibia. The former is significantly higher than the latter ($p < 0.02$). The age-distribution of SOS in women was found to decrease after the fifth decade with aging. The SOS in young women correlated slightly with height but not weight or body mass index. The correlation between the SOS and radial BMD ($r = 0.557$, $p < 0.001$), consisted of mainly cortical bone, was better than the lumbar BMD ($r = 0.383$, $p < 0.01$), and the femoral BMD ($r = 0.354$, $p < 0.05$). Thus, it was shown in this fundamental study that measurements of the tibial cortical SOS using QUS could evaluate cortical bone BMD, and have good precision, although it is necessary to take measurements on the same tibial side and in the same tibial side and in the same positions. (Accepted on September 10, 1999) *Kawasaki Igakkaishi* 25(3): 203-210, 1999

Key Words ; ① Quantitative ultrasound ② Tibial cortical bone
③ Bone mineral density measurement ④ Speed of sound
⑤ Osteoporosis

はじめに

近年、高齢化人口の増加とともに、加齢に伴う退行性疾患が注目されている。骨の退行性疾患の1つである骨粗鬆症はQOLを損ない、快適な老後を送る上で支障となるので、その予防や対策が重要である。骨粗鬆症は低骨密度と骨の微細構造の劣化が特徴的で、骨の脆弱性が増加し、その結果骨折をきたし易い全身性の骨疾患と国際的に定義されている¹⁾。このため、骨粗鬆症の診断や骨折の危険性の評価には、骨密度 (bone mineral density, BMD) の測定や骨微細構造の把握が必要である。しかし、後者については信頼性のある方法が確立されておらず、専らBMD測定が行われているのが現状である。

現在種々のBMD測定法が施行されており、二重エネルギーX線吸収測定法 (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA) をはじめとする放射線を利用する方法が主流である²⁾。特に、DXAは、優れた測定密度を有し、多彩な測定部位のBMDを測定することが可能であり、その臨床上の有用性は既に確立されている³⁾。一方、簡便で被曝のみられない手法として、定量的超音波測定法 (quantitative ultrasound, QUS)

が普及している⁴⁾。QUSは超音波の伝播速度 (speed of sound, SOS) からBMDを評価できる方法として期待されている⁵⁾。しかし、大部分のQUSの装置は海綿骨が主体である踵骨のBMDを測定するものである^{6), 7)}。今回皮質骨が主体である脛骨のBMDを測定することが可能な装置 (Sound Scan 2000) を使用できる機会が得られたので、QUSによる脛骨皮質骨のBMD測定のin vivoの基礎的検討を行い、測定の意義を評価した。

対象と方法

対象は骨粗鬆症以外に異常を認めない18~72歳の265例 (男性4例と女性261例) であり、全例に文書で研究参加の同意を得ている。

BMD測定装置として、脛骨にはQUS装置であるSound Scan 2000 (OMRON MYRIAD, イスラエル)⁸⁾、第2~4腰椎と大腿骨頸部には躯幹骨用DXA装置⁹⁾ (QDR-2000, Hologic, アメリカ)、橈骨 (遠位1/3部) には末梢骨用DXA装置¹⁰⁾ (DCS-600, アロカ, 日本) を使用した。

Sound Scan 2000は皮質骨主体である脛骨のBMDを測定できる装置である⁸⁾。本装置では

被検者を坐位または仰臥位にして膝蓋骨遠位端から内踝下端までの距離を計測した後、プローブを左側脛骨中央部に密着させ、一定距離（5 cm）間の SOS を測定する。なお、1 回の測定に要する時間は 5 分以内である。プローブには 2 種類の超音波の発信子が内蔵されており、1 つは 1 MHz の反射波で、プローブと脛骨が正確に平行となる位置を決定する。もう 1 つの発信子は 250 KHz の透過波で、プローブが脛骨と平行になった状態で脛骨に超音波を伝播させる。また、プローブには検出子も内蔵されており、脛骨内を伝播してきた超音波を検出し、発信されてからの時間を測定して SOS を求める。

(1) 脛骨皮質骨 SOS の測定精度

同日及び日差再現性の検討は 6 例（男性 1 例（52 歳）と女性 5 例（20～32 歳， 25.8 ± 4.4 歳（平均 \pm 標準偏差））について行った。同日再現性は 6 回、日差再現性は 4 カ月に 10 回測定し、測定精度はそれぞれ繰り返し測定の標準偏差の root-mean-square (RMS) 平均値と 90% 信頼域の上限値から評価した¹¹⁾。

(2) 脛骨皮質骨の測定位置の違いと SOS の関係

女性 5 例（20～32 歳， 25.8 ± 4.7 歳）を対象に脛骨中央部を中心に、それぞれ 1 cm の間隔で近位および遠位 5 cm まで計 11 カ所 SOS を計測し、測定位置の違いが SOS 値に及ぼす影響を検討した。つまり、近位および遠位 5 cm での SOS を paired t 検定で有意差検定した。

(3) 脛骨皮質骨の SOS の左右差

左、右の脛骨皮質骨の SOS を測定し、その左右差を 6 例（男性 3 例（20～48 歳， 36.5 ± 11.9 歳）と女性 3 例（19～23 歳， 20.3 ± 2.3 歳））で検討した。測定位置は左右ともに脛骨中央部に設定し、それぞれ SOS を 5 回測定後、6 例の左右の SOS の平均値を paired t 検定で有意差を検討した。なお、全例利き手は右側である。

(4) 女性例における SOS と年齢との関係

女性 261 例について加齢に伴う SOS の変化は、年齢 (x) と SOS (y) の関係を 2 次式に近似させた。

(5) 体格指標と SOS の関係

身長、体重、body mass index (BMI, 体重 (kg) / 身長 (m)²) の体格指標および年齢と SOS との関係は、若年成人女性 118 例（18～44 歳， 26.8 ± 7.0 歳）について単相関および偏相関を検討した。

(6) 脛骨皮質骨 SOS と他部位 BMD との相関

脛骨中央部 SOS と腰椎 BMD (L2-4) 大腿骨頸部 BMD、橈骨（遠位 1/3 部）BMD との相関は女性 58 例（19～72 歳， 47.2 ± 18.1 歳）について単相関を検討した。

結 果

(1) 脛骨皮質骨 SOS の測定精度

同日再現性の変動係数は 0.60%（90% 信頼域の上限値は 0.76%）、日差再現性の変動係数は 0.99%（90% 信頼域の上限値は 1.18%）であった（Table 1）。

(2) 脛骨皮質骨の位置の違いと SOS の関係

測定位置が脛骨中央部から遠位 5 cm 部の SOS は中央部に比して $+3.6 \pm 2.4\%$ を示した。一方、近位側については近位 5 cm 部の SOS は $-1.0 \pm 2.2\%$ を示した（Fig. 1）。また、遠位 5 cm の SOS は近位 5 cm よりも有意 ($p < 0.01$)

Table 1. Assay reproducibility of SOS values in the tibial cortical bone.

Intra-assay			Inter-assay (4 months)		
Subjects	n	Reproducibility (CV, %)	Subjects	n	Reproducibility (CV, %)
20y F	6	0.86	20y F	10	1.10
24y F	6	0.65	24y F	10	1.12
26y F	6	0.72	26y F	10	1.15
27y F	6	0.19	27y F	10	0.71
32y F	6	0.42	32y F	10	0.80
52y M	6	0.51	52y M	10	1.00
RMS		0.60	RMS		0.99
Upper 90% CL*		0.76	Upper 90% CL*		1.18

*Confidence Limit

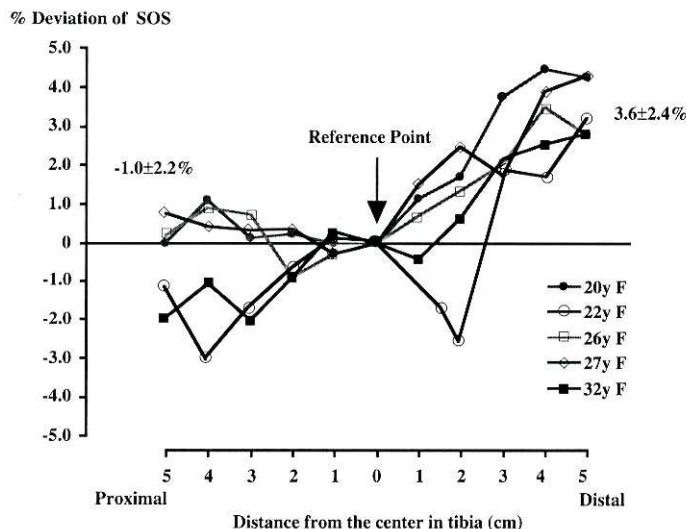


Fig. 1. Relation between the measurement sites and SOS values in the tibial cortical bone.

Table 2. Difference between left and right sides in the tibial cortical bone

No	SOS (m/sec)		Righ vs Left
	Right	Left	p Value
1	3935±22	4024±22	<0.0005
2	3783±43	3887±19	<0.005
3	3842±8	4029±79	<0.01
4	3866±37	3891±56	N.S.
5	3949±18	4068±25	<0.001
6	3772±40	3853±41	<0.005
Mean	3858±74	3959±95	<0.01

に高値であった。

(3) 脛骨皮質骨 SOS の左右差

1 例を除き、残り 5 例は左側脛骨の SOS が有意に高値を示した (Table 2)。さらに、6 例の SOS の左右差については、左側が有意 ($p < 0.02$) に高値であった。

(4) 女性例における脛骨皮質骨 SOS 値の年齢分布

年齢 (x) と SOS (y) の間には、 $y = 3655.5 + 18.410x - 0.29277x^2$ ($r^2 = 0.453$, $p < 0.001$) の関係が得られた。SOS 値は 20~40 歳ではほぼ一定であり、40 歳代以降 SOS 値は低下を示した (Fig. 2)。50~59 歳と 60~69 歳の年代に

おける脛骨皮質骨 SOS は、それぞれ若年成人女性の平均値の 95.2% と 93.8% であった。

(5) SOS と体格指標との関係

SOS は身長 ($r = 0.199$, $p < 0.05$) および年齢 ($r = 0.225$, $p < 0.02$) と弱い正の単相関を認めるが、体重と BMI とは有意な相関を認めなかった (Table 3)。また、偏相関でも同様に身長 ($r = 0.216$) または年齢 ($r = 0.237$) と有意 (ともに $p < 0.02$) な正相関を認めた。

(6) 脛骨皮質骨 SOS と他部位の BMD との相関

脛骨 SOS と腰椎 BMD ($r = 0.383$, $p < 0.01$)、大腿骨頸部 BMD ($r = 0.354$, $p < 0.05$)、橈骨 BMD ($r = 0.557$, $p < 0.001$)、との相関はすべて有意であり、橈骨 BMD が最も相関が良好であった (Fig. 3)。

考 察

骨強度は、主として骨の硬さ、骨梁構造と骨の弾性により規定されている¹¹⁾。しかし、骨梁構造と骨の弾性を in vivo で非侵襲的に簡便にしかも正確に評価できる方法は十分には確立されていない。そのため、骨強度は BMD の多少から評価されているのが現状である。事実、BMD が低値になると骨折の頻度が増加すると報告されている¹²⁾。従来から、種々の BMD の測定法が開発され臨床に供されている。たとえば X 線フィルム photodensitometry である MD¹³⁾、CT を利用した QCT¹⁴⁾ と pQCT¹⁵⁾、X 線吸収測定法である SXA¹⁶⁾ と DXA¹⁷⁾ や超音波法である QUS⁴⁾ が、骨粗鬆症の臨床に広く使用されている。各測定法は、測定原理、測定部位、得られ

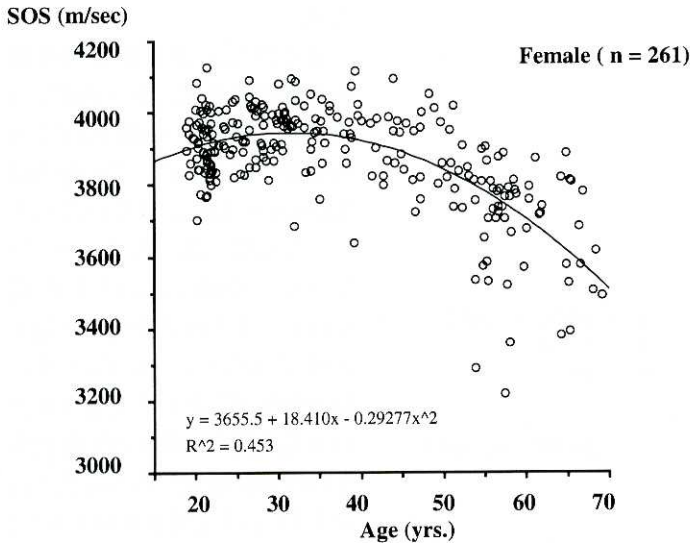


Fig. 2. Age-related change in SOS values in the tibial cortical bone in women.

Table 3. Relation between SOS values in the tibial cortical bone and the height, weight, and body mass index (BMI).

	r_s	r_p
Age	0.225*	0.237*
Height	0.199**	0.216*
Weight	N.S.	N.S.
BMI	N.S.	N.S.

* $p < 0.02$, ** $p < 0.05$

る BMD の指標，データ収集時間や被曝線量などの基本性能が異なる²⁾。QUS 以外の他の測定法では線源に X 線が用いられ，被曝を伴うのに対して，QUS は被曝を伴わずに BMD を評価できる方法として期待されている⁵⁾。

QUS により得られる SOS は BMD に依存するとされている。つまり，SOS は $SOS = (Y/\rho)^{1/2}$ (Y : ヤング率， ρ : 密度) の関数があり，また $Y = K \times \rho$ (K : 物質固有の定数) から BMD は得られる。QUS 装置は持ち運びが可能で，操作も簡単であるため，骨粗鬆症検診に使用されている^{18), 19)}。現在まで，種々の QUS 装置が開発されている^{4), 20), 21)}が，大部分の QUS 装置は海綿骨が 95% 以上を占める踵骨

を測定部位として採用され，その BMD を測定するものである。

今回使用した Sound Scan 2000 は脛骨骨幹部の皮質骨の SOS を測定するユニークな QUS 装置である⁸⁾。そこで，骨折の危険性と密接な関係をもつ BMD について，皮質骨の役割を in vivo で検討することは興味深い。本論文では脛骨皮質骨の BMD を Sound Scan 2000 により測定する際の基本的検討を行った。

良好な測定精度は，BMD の経時的変動の観察や骨粗鬆症の治療効果の評価に必須である。本装置の測定精度は同日再現性 (変動係数 = 0.60%) および日差再現性 (変動係数 = 0.99%) はもとに良好であり，他の QUS 装置とほぼ同等であった⁴⁾。

測定位置と SOS との関係については，中央部より近位部では低下，遠位部では増加を示し，遠位部が近位部に比して有意に高値であった。このため，正確な測定の位置決めが良好な測定

精度を維持するのに重要であることが示された。

測定脛骨の左右差については，6 例 (全例右側が利き手) 中 5 例で SOS が左側で高値を示した。また，6 例の SOS の左右差についての検討では左側が右側に比して有意に高値であった。利き手が右側の場合，ボールを蹴る方の足である右側が利き足と考えられるが，Sone T らは pQCT による検討で同様に右側脛骨の BMD の低値を報告している²²⁾。

QUS による脛骨 SOS は DXA により測定された腰椎 BMD ($r = 0.383$) 大腿骨 BMD ($r = 0.557$) や橈骨 BMD ($r = 0.354$) との間に有意な中等度の相関を認めたが，橈骨 BMD との相関が最も良好であった。この原因として，脛骨

SOS (m/sec)

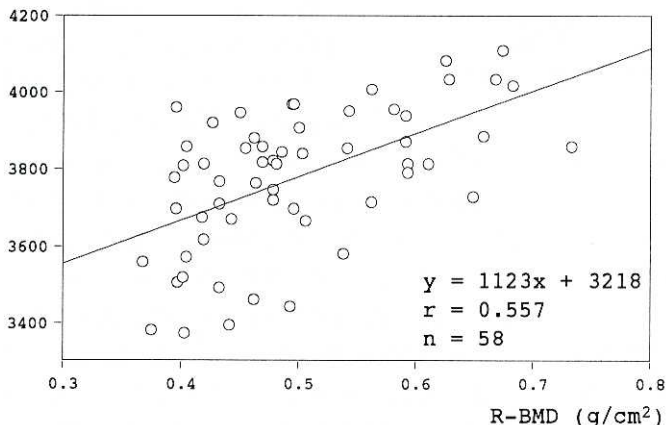
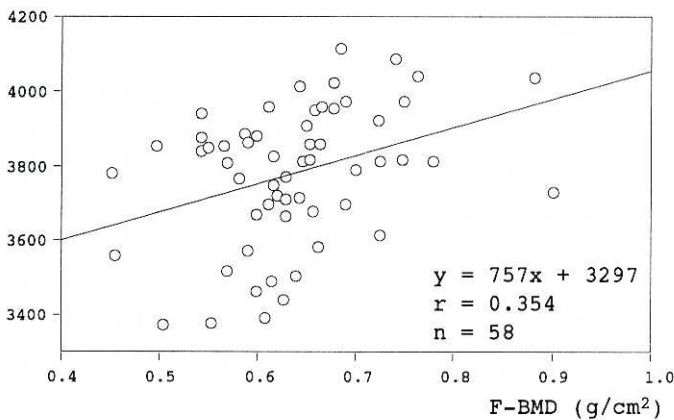
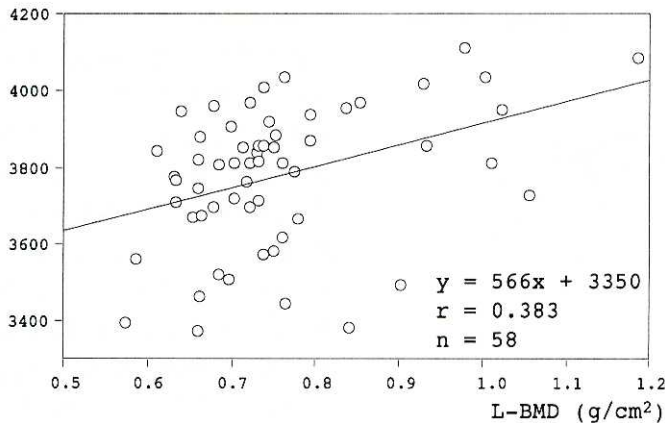


Fig. 3. Relation between SOS values in the tibial cortical bone and BMD values in the other sites.

骨幹部の皮質骨の割合は、橈骨 BMD の測定部位である遠位1/3部位の骨幹部のそれ (95%) とほぼ同様で、腰椎 (40%) や大腿骨頸部 (75%) よりも高いことを反映しているものと思わ

れる。

女性例における脛骨 SOS 値の年齢別分布は、20~40歳でほぼ一定であり、40歳代以降は SOS 値が低下した。この分布は他の QUS 装置で得られるパターンと同様であった²³⁾。50~59歳と60~69歳における脛骨 SOS 値の若年成人平均値に対する比率 (95.2%と93.8%) を、日本骨代謝学会から発表された日本人女性の BMD の年齢別基準値の横断研究²⁴⁾から算出された DXA による腰椎 BMD (87.4%と77.4%)、大腿骨 BMD (90.1%と88.0%)、橈骨 BMD (89.4%と77.4%)、踵骨 BMD (91.6%と74.5%) や MD による第2中手骨 Σ GS/D (91.0%と80.9%) と比較すると、荷重骨で皮質骨主体の脛骨の加齢に伴う BMD の減少率は、海綿骨が主体の部位 (腰椎、踵骨) や非荷重骨で皮質骨が主体の部位 (橈骨、第2中手骨) より小さく、荷重骨で皮質骨が主体の大腿骨頸部と類似した値を示した。

脛骨 SOS と体格指標との関係については、単相関および偏相関のいずれでも身長との間に軽度の相関が認められたが、体重または BMI とは有意な相関は認められなかった。脛骨 SOS 値は測定部皮質骨の密度、幅、弾性率などが関与するとされる²⁵⁾が、これらの要素以外に身長も SOS 値に関与すること

が示された。

今回の基礎的検討の結果、Sound Scan 2000 による脛骨皮質骨の SOS 測定は測定精度に優れていることが示された。しかし、SOS 値は

脛骨の測定位置に依存し、また左右差がみられるため、測定側の統一と厳密な位置決めが必要であった。脛骨 SOS の加齢による減少率は比較的小さかったが、荷重骨で皮質骨主体の大腿骨頸部のそれと類似し、また皮質骨主体の橈骨骨幹部の BMD との相関も比較的良好であった。このように、Sound Scan 2000 による SOS の測定は皮質骨の状態を知ることのできる方法であることが示された。

結 語

脛骨皮質骨を測定部位とする Sound Scan 2000 による SOS 測定の基礎的検討を行った。本装置は測定精度が良好であったが、測定脛骨側の選択や正確な位置決めが重要であることが示された。また、脛骨 SOS は DXA により測定された皮質骨主体の橈骨 BMD と最も良好な相関を

認め、皮質骨 BMD を反映することが示された。女性例における脛骨 SOS 値の年齢別変動は、他の BMD 定量法と同様に 20～40 歳ではほぼ一定であり、40 歳代以降に低下した。今回の基礎的検討の結果、QUS による脛骨皮質骨の SOS 測定は、測定精度に優れ、皮質骨の BMD を評価するユニークな方法として、その使用が期待される。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始懇切な御指導と御校閲を賜った川崎医科大学放射線核医学教室 福永仁夫教授、曾根照喜講師に深く感謝致します。本研究の要旨は、第 16 回日本骨代謝学会（1998 年、東京）で発表した。なお本研究の一部は平成 9 年度川崎医科大学プロジェクト研究費（9-403）の補助で行われた。

文 献

- 1) Consensus development conference : Diagnosis, prophylaxis and treatment of osteoporosis. *Am J Med* 94 : 646-650, 1993
- 2) Genant HK, Engelke K, Fuerst T, Glüer C-C, Grampp S, Haaris ST, Jergas M, Lang T, Lu Y, Majumdar S, Mathur A, Takada M : Noninvasive assessment of bone mineral and structure : State of the art. *J Bone Miner Res* 11 : 707-730, 1996
- 3) Fukunage M, Sone T, Otsuka N, Tomomitsu T, Imai Y, Nogami R, Kitayama A, Itaya M : Bone mineral measurement in Japan. *Ann Nucl Med* 11 : 275-280, 1997
- 4) Morita R, Yamamoto I, Yuu I, Hamanaka Y, Ohta T, Takada M, Matsushita R, Masuda K : Quantitative ultrasound for the assessment of bone status. *Osteoporosis Int* 7 (Suppl.3) : S128-S134, 1997
- 5) Glüer C-C : Quantitative ultrasound technique for the assessment of osteoporosis : Expert agreement on current status. *J Bone Miner Res* 12 : 1280-1288, 1997
- 6) 武田直人, 三宅真理子, 北 昭一, 友光達志, 福永仁夫 : 低周波超音波骨量測定装置による踵骨の骨強度に関するパラメータの測定 - 特に DXA による骨密度との比較について -. *Osteoporosis Jpn* 1 : 62-66, 1993
- 7) 福永仁夫, 武田直人 : 超音波による骨塩定量法. *ホルモンと臨床* 43 : 797-802, 1995
- 8) Foldes AJ, Rimon A, Keinan DD, Popovtzer MM : Quantitative ultrasound of the tibia : A novel approach for assessment of bone status. *Bone* 17 : 363-367, 1995
- 9) Fukunaga M, Tomomitsu T, Ono S, Otsuka N, Nagai K, Morita K, Imai H, Miyake M, Katagiri M : Quantification of bone mineral in the vertebral body and whole body skeleton with a newly developed dual energy X-ray absorptiometric system using a multi-detector array. *Kawasaki Med J* 19 : 65-76, 1993
- 10) 友光達志, 福永仁夫, 大塚信昭, 小野志磨人, 永井清久, 森田浩一, 古川高子, 村中 明, 柳元真一, 田部井俊明, 川村幸一, 森田陸司 : X 線を用いた末梢骨を測定対象とする二重光子吸収測定装置による骨塩測定の臨床的有用性 - 単一光子吸収装置との比較 -. *Radioisotopes* 37 : 521-524, 1988

- 11) Genant HK, Engelke K, Glüer C-C, Lang TF, Majumdar S : Recent advances in the noninvasive assessment of bone density, quality and structure. *J Jpn Soc Bone Morphom* 5 : 93-108, 1995
- 12) Riis BJ, Hansen MA, Jensen AM, Overgaard K, Christiansen C : Low bone mass and fast rate of bone loss at menopause : Equal risk factors for future fracture : A 15-year follow-up study. *Bone* 19 : 9-12, 1996
- 13) Inoue T, Kushida K, Miyamoto S, Sumi Y, Orimo H, Yamashita G : Quantitative assessment of bone density on X-ray picture. *J Jpn Orthop Ass* 57 : 1923-1936, 1983
- 14) 福永仁夫, 大塚信昭, 曾根照喜, 永井清久, 森田陸司 : 脊椎骨 Phantom を併用した CT Scan による第3腰椎海綿骨の骨塩測定法. *日本医放会誌* 46 : 659-664, 1986
- 15) 友光達志, 曾根照喜, 福永仁夫, 伊東昌子, 石田 裕, 林 邦昭 : pQCT 装置 (Densiscan-1000) の使用経験. *日骨形態誌* 5 : 147-153, 1995
- 16) 游 逸明, 山本逸雄, 大中恭夫, 高田政彦, 中島言子, 増田一孝, 森田陸司 : SXA (Single Energy X-ray Absorptiometry) 法による踵骨骨密度測定の臨床的有用性についての検討. *日骨形態誌* 3 : 127-131, 1993
- 17) 福永仁夫, 友光達志, 森田陸司 : DEXA. *臨放* 35 : 41-48, 1990
- 18) Heaney RP, Avioli LV, Chesnut III CH, Lappe JRR, Brandenburger GH : Osteoporotic bone fragility-Detection by ultrasound transmission velocity. *JAMA* 261 : 2986-2990, 1989
- 19) 武田直人, 三宅真理子, 北 昭一, 今井弘子, 友光達志, 福永仁夫 : Aloka 社製超音波骨密度測定装置 (UXA-3000) の基礎的および臨床的検討. *日骨形態誌* 5 : 53-59, 1995
- 20) Roux C, Fournier B, Laugier P, Chappard C, Kolta S, Dugados M, Berger G : Broadband ultrasound attenuation imaging : A new imaging method in osteoporosis. *J Bone Miner Res* 11 : 1112-1118, 1996
- 21) Barkmann R, Kantorovich E, Heller M, Glüer C-C : A new reflection quantitative ultrasound device for measuring a large variety of bone : First in-vivo investigations (abstr). 12th International Bone Densitometry Workshop, Crieff, Scotland, 18-22 May, 1997
- 22) Sone T, Imai Y, Tomomitsu T, Nogami R, Fukunaga M : Bilateral asymmetry in bone measurements of the tibia : Implication for footedness (abstr). *J Bone Miner Res* 23 (Suppl) : S599, 1998
- 23) Takeda N, Miyake M, Kita S, Tomomitsu T, Fukunaga M : Sex and age patterns of quantitative ultrasound densitometry of the calcaneus in normal Japanese subjects. *Calcif Tissue Int* 59 : 84-88, 1996
- 24) 折茂 肇, 杉岡洋一, 福永仁夫, 武藤芳照, 佛淵孝夫, 五来逸雄, 中村哲郎, 串田一博, 田中弘之, 猪飼哲夫 : 原発性骨粗鬆症の診断基準 (1996年度改訂版). *Osteoporosis Jpn* 4 : 643-652, 1996
- 25) Wu CY, Hans DB, He YQ, Fan B, Njeh CF, Richards J, Fuerst T, Genant HK : Ultrasound velocity reflects combination of thickness, mineral density and surface feature in cortical bone. 2nd International Conference on Osteoporosis (abstr), Osaka, Japan, 13-15 Nov, 1997